

Arena Älvhögsborg

RISKBEDÖMNING KANALNÄRA BEBYGGELSE

Rev. B

Älvhög 3

Uppdragsansvarig: Joel Wibelius

Författare: Elin Elisson/Dea Ternström

Dokumentgranskare: Lars Strömdahl

Datum: 2017-05-05 Ändringsdatum: 2020-10-13

SAMMANFATTNING

Bengt Dahlgren Brand & Risk AB har av Arena Älvhögsborg anlåtats för att utföra en riskbedömning med anledning av planerad tillbyggnad av badanläggning samt hotell, Älvhögsborg Trollhättan. Riskbedömningen utförs med anledning av närheten till Trollhätte kanal där transporter av farligt gods sker. Lägsta avstånd från kanalen till ny del av byggnad är ca 17 m. Närmsta avstånd från kanal till hotell/bostäder är 21 meter.

Denna version utgör en reviderad upplaga av riskbedömningen. Riskbedömning har i tidigare skede utförts för aktuellt objekt, med primärt fokus på badanläggning Älvhögsborg. Denna bedömning har reviderats med nya uppgifter om tillkommande hotellbebyggelse samt till viss del förändrade transportflöden till följd av ombyggnation av slussar i Trollhätte kanal.

Om befintliga slussar avvecklas kommer godstrafiken fördelas på väg- och järnvägsnätet. Detta scenario omfattas inte av aktuell utredning, då det skulle medföra att Trollhätte kanal inte längre utgör ett riskobjekt.

Riskbedömningen syftar till att bedöma vilka risknivåer som föreligger längs den aktuella sträckan av Trollhätte kanal samt hur dessa påverkar planerad markanvändning intill kanalen. Sammantaget bedöms risknivån vid aktuellt område vara något förhöjd. Den förhöjda risknivån hänförs i första hand till transporter med brandfarlig vätska på fartyg.

Förslag på åtgärder för att minska risken att personer ska utsättas för brandgas och höga strålningsnivåer i händelse av farligt gods-olycka utgår från Boverkets och Räddningsverkets (numera Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [1]:

- Inom 35 meter från kanalkant utförs fasad och tak i obrännbart material.
- Fönster i fasad som vetter direkt mot kanalen utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 för badanläggningen och EW30 för hotell/bostadshus. Fönster i bostäder får utföras öppningsbara. Åtgärden gäller fasader som vetter direkt mot kanalen och är placerade inom 35 meter från kanalkant. I höjddled gäller åtgärden upp till 25 meters höjd.
- Balkonger som är placerade inom 35 meter från kanalkant glasas in i lägst brandteknisk klass EW30.
- Ventilationen ska vara enkelt avstängningsbar och friskluftsintag ska vara placerade på tak eller i fasad som inte vetter direkt mot kanalen. Friskluftsintag placerade i norr- respektive syd-fasaden uppfyller åtgärden.
- Minst en utrymningsväg ska finnas i riktning bort från kanalen från respektive lokal. Utrymningsvägar som placeras i norr- respektive syd-fasader uppfyller åtgärden.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
1.1	Syfte.....	4
1.2	Metod	4
1.3	Avgränsningar	6
2	RIKTLINJER	7
2.1	Trollhättan Stad riskhanteringsplan.....	7
2.2	Länsstyrelsens riktlinjer.....	8
3	RISKIDENTIFIERING	9
3.1	Skyddsobjektet	9
3.2	Riskobjekt: Trollhätte kanal	9
3.3	Transport av farligt gods.....	11
4	RISKANALYS	13
5	RISKVÄRDERING OCH ÅTGÄRDSFÖRSLAG	15
6	SLUTSATS	16
7	REFERENSER	17
	BILAGA A – STRÅLNINGSBERÄKNINGAR	19
	BILAGA B – BERÄKNINGAR FLAMHÖJD	21

I INLEDNING

Bengt Dahlgren AB har av Arena Älvhögsborg AB anlåtats för att utföra en riskbedömning med anledning av planerad tillbyggnad av badanläggning samt hotell, Älvhögsborg Trollhättan. Riskbedömningen utförs med anledning av närheten till Trollhätte kanal där transporter av farligt gods förekommer. Lägsta avstånd från kanalen till ny byggnad är ca 17 m.

1.1 Syfte

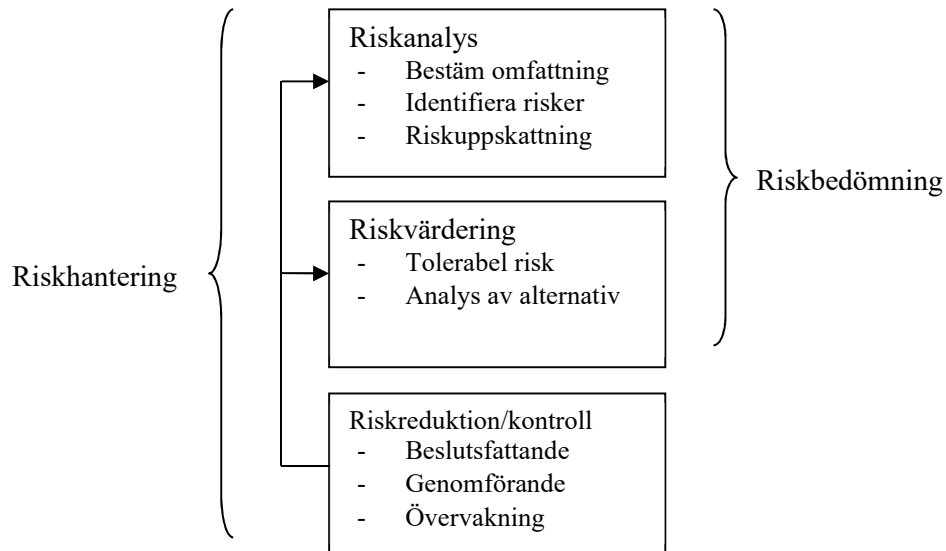
Riskbedömningen syftar till att bedöma vilka risknivåer som föreligger längs den aktuella sträckan av Trollhätte kanal samt hur dessa påverkar planerad markanvändning intill kanalen.

Rapporten syftar vidare till att bedöma om planerad verksamhet kan komma att utsättas för oacceptabla risker samt, om nödvändigt, föreslå åtgärder så att konsekvenser av eventuella olyckor kan hanteras.

1.2 Metod

I denna rapport avses med begreppet *risk* kombinationen av sannolikheten för en oönskad händelse och dess konsekvenser.

Metodiken bygger på nedanstående schematiska bild över riskhanteringsprocessen och är i huvudsak kvalitativ men grundar sig även i kvantitativa resultat från generella konsekvensberäkningar som återfinns i litteraturen (hänvisningar finns i den löpande texten) samt erfarenheter från tidigare beräkningar.



Figur 1 Schematisk bild över riskhanteringsprocessen

Denna rapport utgör en riskbedömning, det vill säga innefattar riskanalys och riskvärdering.

I Sverige finns idag inga nationellt vedertagna acceptanskriterier avseende risk och vad som är acceptabel risk är aldrig självklart men följande grundläggande principer är vanligt förekommande vid riskhantering och kan användas som en del av bedömningen [2]:

Rimlighetsprincipen

En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas (oavsett risknivå).

Proportionalitetsprincipen:

De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster, etc) som verksamheten medför.

Fördelningsprincipen:

Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.

Principen om undvikande av katastrofer: Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

Riskbedömningar är förknippade med osäkerheter som i olika grad har påverkan på resultatet. Antaganden eller förenklingar som görs är därför konsekvent konservativa så att risknivån inom området inte ska underskattas.

1.3 Avgränsningar

I riskutredningen belyses enbart risker förknippade med farligt gods-transporter som sker på aktuell sträcka av Trollhätte kanal. Utredningen behandlar risken för skador på människors liv och hälsa till följd av plötsligt inträffade utsläpp av farligt gods. Risk för skador på miljö och egendom eller hälsorisker orsakade av långvarig exponering behandlas ej.

De resultat som presenteras i riskutredningen gäller endast under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

2 RIKTLINJER

För att kunna göra en bedömning av risknivån och eventuella åtgärder för aktuellt objekt används de riktlinjer och riskvärderingsprinciper som tagits fram för bebyggelse i närheten av transportled för farligt gods.

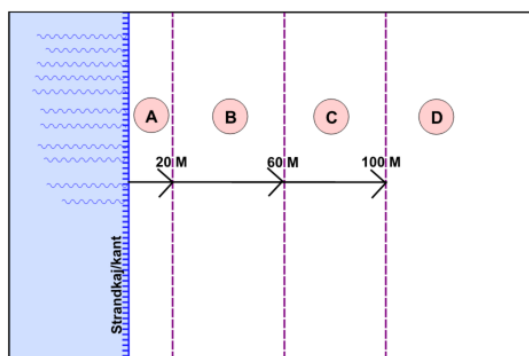
Gällande översiktsplan för Trollhättan antogs 2014 [3] i vilken det hänvisas till Trollhättans Stad Riskhanteringsplan [4]. Arbetet baseras även på Riskhantering i detaljplaneprocessen framtagen av Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län, 2006.

2.1 Trollhättan Stad riskhanteringsplan

Trollhättans Stad riskhanteringsplan antogs 2004. I den del av riskhanteringsplanen som berör transporter av farligt gods utmed Trollhätte kanal beskrivs rekommendationer utifrån olycka med transport av drivmedel [4].

I dokumentet fastslås att rekommendationer angående farligt gods är generella vilket innebär att omständigheter i det enskilda fallet också måste beaktas. Vidare fastslås att i Trollhättans Stads ställningstagande i det enskilda ärendet vägs planens rekommendationer för riskhänsyn in tillsammans med andra samhällsbyggnadsintressen. Avsteg kan därför göras från dessa rekommendationer.

I Figur 2 illustreras de avstånd vilka rekommenderas för nya byggnader eller anläggningar nära transportleder.

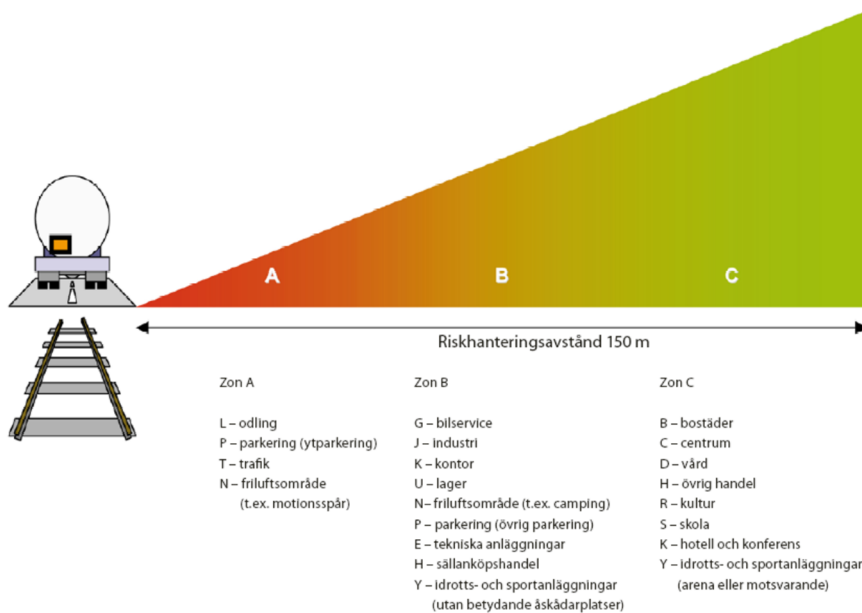


Figur 2 Rekommenderade skyddsavstånd enligt Trollhättans stads riskhanteringsplan.

- A. (0-20 m) Bebyggelsefritt område
- B. (20-60 m) Bostäder, mindre verksamheter och mindre samlingslokaler samt parkering kan förekomma.
- C. (60-100 m) Bostäder, verksamheter, samlingslokaler och samlingsplatser av typ idrottsanläggningar samt parkering kan förekomma. Dock bör ej tillkomma verksamhet av typ vårdinrättningar och skolor.
- D. (>100 m) Ingen särskild hänsyn med anledning av farligt gods.

2.2 Länsstyrelsens riktlinjer

Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands läns gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen [5] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. Policyn berör väg och järnväg, inte specifikt sjöfart, men anses utgöra lämplig jämförelse och bakgrund till resonemanget kring bedömningen angående skyddsobjektets närhet till kanalen. I Figur 2, hämtad ur riskhanteringspolicyn, illustreras förslag på lämplig markanvändning utifrån avståndet till transportleder för farligt gods. Detta avstånd delas upp i tre zoner: A, B och C där A är närmst riskkällan. Aktuellt område som omfattar Idrotts- och sportanläggningar hör till Zon B. Hotell hör till Zon C. Exakta avstånd gällande zonerna beskrivs inte i riskpolicyn utan riskbilden för det aktuella området är avgörande för markanvändningens placering.



Figur 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd enligt Länsstyrelsernas riskpolicy. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transport för farligt gods.

3 RISKIDENTIFIERING

3.1 Skyddsobjektet

Aktuellt område är bebyggt med bad- och idrottsanläggning Arena Älvhögsborg, belägen ca 30 meter ifrån kanalens kant. Byggnaden ligger topografiskt något högre än kanalen, samt med ett antal träd däremellan.

Planerad utbyggnad av lokalerna innebär i en första etapp utveckling av badanläggningen med ytterligare bassänger mot älven vilket förväntas innebära ett närmsta avstånd från fasad till kanalen på ca 17 meter. Etapp 2 innefattar byggnation av ett hotell i 8 plan (ca 120 hotellrum) med ytterligare 8 ovanpåliggande våningsplan avsedda för bostäder. Närmaste avstånd till kanalen är ca 21 meter.

3.2 Riskobjekt: Trollhätte kanal

Trollhätte kanal är 88 kilometer lång och sträcker sig mellan Vänersborg och Göteborg. I dagsläget är kanalen öppen för trafik dygnet runt. Del av kanalen som passerar aktuellt område består av en ca 80 meter lång raksträcka.

Vänersjöfarten utgörs idag av fartyg av varierande storlek. Hastigheten i farleden är maximalt 10 knop. Lastkapaciteten vid maximalt djupgående är beroende på typ av last cirka 4000 ton, medellasten per fartyg är 1600–2700 ton [6].

Trollhätte kanal utgör transportled för farligt gods.

Utan särskild prövning är de maximala dimensionerna på fartyg tillåtna i Trollhätte kanal i dagsläget [7]:

- Längd 87 meter
- Bredd 12,60 meter
- Djupgående 4,70 meter
- Höjd över vattenytan 27 meter

Strax under 1000 lastfartyg passerade klaffbron i Trollhättan år 2015 enligt statistik presenterad av Sjöfartsverket. Samma år var mängden fraktat gods 1,6 miljoner ton [8].

Vänersjöfarten har stadigt minskat sedan 1980-talet [9]. Den enskilt största volymminskningen har skett för oljeprodukter [10].

Dagens slussled öppnade år 1916. Trollhätte kanal består av totalt 6 slussar, varav 4 är lokaliserade till Trollhättan. I en fördjupad utredning för Vänersjöfarten [11] bedöms dagens slussanläggningar vara uttjänta och inte längre säkra för trafikering efter år 2030. Två alternativ

presenteras i Trafikverkets rapport. Antingen avvecklas befintliga slussar, eller så byggs nya slussar.

Om befintliga slussar avvecklas kommer godstrafiken fördelas på väg- och järnvägsnätet. Detta scenario omfattas inte av aktuell utredning, då det skulle medföra att Trollhätte kanal inte längre utgör ett riskobjekt.

Om Trollhätte kanal byggs om med nya slussar, kommer även större transportmängder kunna hanteras i kanalen. Denna riskutredning utgår från att Trollhätte kanal kommer att byggas om med nya slussar, och att godsmängder och trafikflöden kommer att motsvara Trafikverkets basprognos för år 2040 [12].

Vid en ombyggnation av slussarna i Trollhätte kanal förväntas godsvolymer öka från ca 1,2 miljoner nettoton år 2012 till ca 2,8 miljoner ton år 2040. Ombyggnation av slussleden skulle även innebära större slussar, med kapacitet för fartyg motsvarande ”Europastandard” på ca 6 500 dödviktston. För att det ska vara möjligt att öka transportmängderna i Trollhätte kanal ska det enligt utredningen [8] medges broöppningar för minst 15 handelsfartyg per dygn, minst en bropassage per timme (undantaget vissa tider).

Den ombyggda slussleden skulle ha kapacitet för följande framtida fartygsdimensioner:

- Längd 100-110 meter
- Bredd 15,2 meter
- Djupgående 5,4 meter

Ovanstående fartygsdimensioner innebär fartyg med en lastkapacitet på uppemot 5 000-5 500 ton. Framtida fartygsdimensioner möjliggör även lastning av 300-330 containers (TEU:s).

Enligt Trafikverkets prognos för 2040 [12] förväntas den främsta ökningen ske inom befintliga hanterade varugrupper. De största varugrupperna kommer enligt prognosen att utgöras av obearbetade produkter alternativt halvfabrikat av järn och metall, rundvirke, rå och obearbetad metall samt cement, kalk och byggnadsmaterial.

3.3 Transport av farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods.

Transporter av farligt gods till sjöss regleras internationellt genom obligatorisk tillämpning av IMDG-koden. Koderna gäller alla svenska fartyg överallt i världen samt alla fartyg på svenskt farvatten. IMDG-koden är införlivad i svensk lagstiftning genom Sjöfartsverkets föreskrifter.

En förutsättning för transport av farligt gods är att fartyget är försett med ett IMDG-certifikat som utfärdats av Sjöfartsinspektionen på basis av SOLAS bestämmelser.

Beroende av ämnesspecifika egenskaper delas farligt gods in i nio olika klasser vilka framgår av följande tabell.

Tabell 1 Farligt godsklasser enligt IMDG-koden

Klass 1	Explosiva varor
Riskgrupp 1.1	Ämnen och föremål med massexplosionsfara
Riskgrupp 1.2	Ämnen och föremål med fara för splitter, men utan massexplosions fara
Riskgrupp 1.3	Ämnen och föremål som är brandfarliga och med antingen en mindre sprängfara eller mindre splitterfara eller bådadera, men utan massexplosionsfara
Riskgrupp 1.4	Ämnen och föremål som inte medför markant fara
Riskgrupp 1.5	Mycket okänsliga ämnen med massexplosionsfara
Riskgrupp 1.6	Extremt okänsliga föremål utan massexplosionsfara
Klass 2	Gaser
Klass 2.1	Brandfarliga gaser
Klass 2.2	Ej brandfarliga, ej giftiga gaser
Klass 2.3	Giftiga gaser
Klass 3	Brandfarliga vätskor
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med Vatten
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen
Klass 4.2	Självantändande ämnen
Klass 4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
Klass 5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
Klass 6	Giftiga och smittförande ämnen
Klass 6.1	Giftiga ämnen
Klass 6.2	Smittförande ämnen
Klass 7	Radioaktiva ämnen
Klass 8	Frätande ämnen
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål

På Trollhätte kanal transporteras idag farligt gods endast i form av metanol och olja [13] vilka går under klass 3, brandfarliga vätskor. Konsekvenser som kan uppstå vid olycka omfattar brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftiga brandgaser.

Konsekvensområden är vanligtvis inte större än 40 meter för brännskador. Rök kan spridas över ett betydligt större område.

Den statistik som utgör underlag för rapporten är redovisat farligt gods enligt Vänerhamn AB, vilket är gemensamt bolag för samtliga hamnar runt Vänern. Hänsyn tagen till aktuell statistik anses konservativ då den innebär totalt fraktat gods på Vänern och därmed inte enbart gällande aktuell sträcka av kanalen. Mängder redovisas i Tabell 2.

Tabell 2 Farligt gods som årligen fraktas på Trollhätte kanal

	2013	2014	2015	2016	Medelvärde
Metanol	34 119 ton	33 729 ton	33 925 ton	29 200 ton	32 743 ton
Olja	27 463 ton	21 027 ton	28 702 ton	31 618 ton	27 202 ton

I Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd, TSFS 2010:96, om åtgärder mot förorening från fartyg återfinns särskilda bestämmelser för fartyg som trafikerar Trollhätte kanal [14]. På oljefraktande fartyg ställs krav på att all transport sker i tankar konstruerade med dubbla skrov. Fartyget har då en yttre och en inre botten med ett avstånd mellan bottenarna på 2–3 meter. Konstruktionen ökar säkerheten vid en eventuell kollision eller grundstötning då läckage undviks genom att det normalt endast är den yttre botten som skadas.

Nya slussar förväntas inte medföra att nya produktkategorier av farligt gods börjar transporteras på Vänersjöfarten. Det har inte identifierats några nya verksamheter längs med Trollhätte kanal eller i Vänern som föranleder transporter av andra typer av farligt gods. Sjöfartsverket har delgivit information om att Preem AB ämnar starta raffinaderilikhande verksamhet i Karlstad. Detta skulle innebära utökade transporterade godsvolymer av olja om ca 300 000 ton per år och medföra omkring 100 transporter per år [15].

4 RISKANALYS

Det statistiska underlaget för att skatta exakt sannolikhet för olycka på Trollhätte kanal är mycket begränsat. Generellt bedöms sannolikheten för att en olycka med farligt gods på Trollhätte kanal ska påverka aktuellt område som låg. Enbart drygt 3 % av det gods som fraktas på Trollhätte kanal är klassat som farligt gods [13].

Då godsmängder och fördelningar av farligt gods har varit den indata med minst osäkerheter har risken analyserats främst med avseende på konsekvenser med principerna av undvikande av katastrof och rimlighetsprincipen. Det innebär att dimensionerande scenario har valts ut med bakgrund av vad som transporteras på kanalen och vilka olyckor det kan medföra. Därefter har resultaten analyserats för att hitta så effektiva riskreducerande åtgärdsförslag som möjligt.

Med avseende på analys av godsstatistiken bedöms det endast adekvat att adressera risk förknippat med transporter av ADR-klass 3, brandfarliga vätskor.

4.1 Konsekvensanalys

Konsekvensen av en olycka med farligt gods beror dels på mängden av ett ämne, dels vilken klass det tillhör. För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå när vätskan läcker ut och antänds. Människor i närheten av ett utsläpp som antänder kan komma att skadas allvarligt eller omkomma. Konsekvenserna för människor härleds främst till den värmestrålning en pölbrand kan ge upphov till. Värmestrålningen beror i sin tur på ytan som täcks av den brandfarliga vätskan.

De fysikaliska egenskaperna hos olika brandfarliga vätskor medför att de har olika stor benägenhet att antända. För att skapa en konservativ riskbild utförs beräkningar utifrån bensin vilket även är dimensioneringsgrundande för de riskavstånd som ansatts i Trollhättan Stads riskhanteringsplan.

Om ett läckage uppstår är konsekvenserna starkt beroende av utsläppets storlek. Vanligtvis är tankar uppdelade i mindre fack vilket medför att sannolikheten för att all vätska läcker ut samtidigt som osannolik. Det farligt gods som i aktuell statistik går under samlingsbegreppet olja skulle kunna bilda en flytande pöl utöver fartygets storlek. Det finns dock omständigheter som reducerar sannolikheten för att en sammanhängande stor pöl ska bildas på kanalen, exempelvis att vattnet inte är stillastående. Metanol som utgör en stor del av aktuellt frakttat farligt gods bildar ej en flytande pöl då ämnet är vattenlösligt.

De representativa utsläppsscenarier som ansatts i denna utredning är:

- Litet utsläpp 50 m²
- Medelstort utsläpp 200 m²
- Stort utsläpp 400 m²

Strålningsberäkningarna som genomförts redovisas i bilaga A.

Beräkningarna tar ej hänsyn till hur länge branden pågår, dvs. hur lång tid det tar för vätskan att brinna av.

I Tabell 3 nedan redovisas beräknad strålningsnivå vid gällande avstånd till fasad på nybyggd del av badhus samt hotell.

Tabell 3 Beräknade strålningsnivåer för utsläpp av brandfarlig vätska

Utsläppsscenario	Strålningsnivå vid aktuellt avstånd från kanal	
	Badhus 17 m	Hotell 21 m
Litet utsläpp 50 m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²
Medelstort utsläpp 200 m ²	29 kW/m ²	19 kW/m ²
Stort utsläpp 400 m ²	58 kW/m ²	22 kW/m ²

Vid stålning från pölbrand omkommer 50 % av en population vid 14 kW/ m² efter 30 sekunders exponering. Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus skadas bedöms även utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen är 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas. Detta värde redovisas i BBRAD [16] som ett riktvärde för när brandspridning förväntas ske till byggnader.

I samband med byggnation av nya slussar kommer större fartyg kunna passera på Trollhätte kanal. Fortsatt råder dock regleringar (enligt IMDG-koden) på mängder transporterat farligt gods och hur det förpackas. Till följd av ovanstående bedöms de nya slussarna inte medföra att enskilda utsläpp blir större än i dagsläget.

För att bedöma vid vilken höjd byggnaderna kommer att påverkas av ett antänt utsläpp, beräknas även flamhöjden. Flamhöjden beräknas enligt tillvägagångssätt presenterat i Försvarets forskningsanstalts rapport *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [17]. Beräkningsgång presenteras även i Bilaga B.

Utsläppsscenario	Flamhöjd
Litet utsläpp 50 m ²	12 meter
Medelstort utsläpp 200 m ²	19 meter
Stort utsläpp 400 m ²	25 meter

5 RISKVÄRDERING OCH ÅTGÄRDSFÖRSLAG

Sammantaget bedöms risknivån vid aktuellt område vara något förhöjd. Händelser som kan innebära konsekvenser för tillbyggnad av badhus samt hotell är en olycka på Trollhätte kanal av sådan art att utsläpp och antändning av brandfarlig vätska sker. Sannolikheten för en olycka bedöms vara mycket låg, till följd av den låga hastigheten på kanalen och det relativt låga trafikflödet (för transporter med farligt gods), vilket även styrks av incidentstatistik från Transportstyrelsen [18].

Nya slussar i Trollhätte kanal medför högre kapacitet för antal transporter och storlek på fartyg på Vänersjöfarten. Det har inte identifierats några verksamheter som skulle medföra att nya farligt godsklasser skulle förekomma på Vänersjöfarten efter byggnation av nya slussar. På grund av gällande IMDG-kod, som reglerar förpackning och indelning inom lastfartyg, förväntas de ökade godsmängderna inte leda till att ett enskilt utsläpp leder till större utsläppsmängder. Eftersom denna utredning upprättas som en konsekvensanalys, inverkar inte det ökade transportflödet på resultatet.

Då planerad utbyggnad innebär ett avstånd om ca 17 meter från riskobjektet erhålls ett avsteg från de anslagna riskavstånden enligt gällande riktlinjer. Även hotell/bostäder, belägna som närmst 21 meter från kanalen, bedöms vara ett avsteg från riskavstånden. Byggnaden är i totalt 16 våningsplan, och bedöms därmed inte motsvara den typ av bostäder och mindre verksamheter som avses i riskavstånden. Potentiell konsekvens till följd av närheten till kanalen bedöms som hög då den strålning som kan förväntas vid en pölbrand med brandfarlig vätska överstiger 15 kW/m² vid aktuellt avstånd. Då konsekvensen till följd av gällande strålningsnivåer överstiger antagna kriterier (se avsnitt 4.1 Konsekvensanalys) bör riskreducerande åtgärder vidtas. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [1], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt.

Därav föreslås följande åtgärder för att minska risken att personer ska utsättas för brandgaser och höga strålningsnivåer i händelse av farligt gods-olycka:

- Inom 35 meter från kanalkant utförs fasad och tak i obrännbart material.
- Fönster i fasad som vetter direkt mot kanalen utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 för badanläggningen och EW30 för hotell/bostadshus. Fönster i bostäder får utföras öppningsbara. Åtgärden gäller fasader som vetter direkt mot kanalen och är placerade inom 35 meter från kanalkant. I höjddled gäller åtgärden upp till 25 meters höjd*.
- Balkonger som är placerade inom 35 meter från kanalkant glasas in i lägst brandteknisk klass EW30.
- Ventilationen ska vara enkelt avstängningsbar och friskluftsintag ska vara placerade på tak eller i fasad som inte vetter direkt mot kanalen. Friskluftsintag placerade i

norr- respektive syd-fasaden uppfyller åtgärden.

- Minst en utrymningsväg ska finnas i riktning bort från kanalen från respektive lokal**. Utrymningsvägar som placeras i norr- respektive syd-fasader uppfyller åtgärden.

* Inom vilken höjd fönster ska utföras brandklassade baseras på beräkningar av flamhöjd presenterade i avsnitt 4.1 Konsekvensanalys, där det värsta scenariot har varit dimensionerande.

Enligt ett examensarbete utfört vid Lunds Universitet [19], med småskaliga försök för olika typer av glas, medför ett glas i klass EW 30 att strålningen reduceras med ca 90 %. Testerna genomfördes för strålningsnivåer på mellan 15 och 50 kW/m². Som jämförelse används kriterier för godtagbar exponering som presenteras i BBRAD [16] för att verifiera utrymnings säkerhet. Detta kriterium används som referensnivå, för att verifiera att personer som befinner sig i byggnaden i anslutning till fönster inte utsätts för högre strålningsnivåer. Nivån för kritisk påverkan för värmestrålning är maximalt 2,5 kW/m². Med en reduktion av infallande strålning på ca 90 %, blir strålningsnivån på andra sidan glaset som mest 5,8 kW/m² i badhuset och 2,2 kW/m² i hotellet. Eftersom strålningen i badhuset överskrider kriteriet i BBRAD ska dessa fönster utföras i lägst klass EI 30. För hotellet, som är beläget något längre ifrån kanalen, räcker det med att fönster utförs i lägst klass EW 30.

Fönster utförs brandtekniskt klassade enligt ovan upp till 25 meters höjd ovan vattenytan. Fönster belägna på mer än 25 meters höjd kan utföras utan brandteknisk klass.

** Det är acceptabelt att en av lokalens utrymningsvägar vetter mot kanalen. Det bedöms med föreslagna åtgärder ej troligt att det sker en brand inne i byggnaden samtidigt som det sker en olycka med farligt gods som får oönskade konsekvenser inom området.

6 SLUTSATS

Sammantaget visar denna utredning att risknivåerna för en utbyggnad av arena Älvhögsborg samt byggnation av hotell/bostäder är förhöjda jämfört de riskkriterier som antagits med avseende för risken förknippad med farligt gods transporterad på Trollhätte kanal. Bebyggelsen bedöms dock vara möjlig om åtgärder enligt avsnitt 7 Riskvärdering och åtgärdsförslag vidtas.

7 REFERENSER

- [1] Boverket, Räddningsverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*, 2006.
- [2] G. Davidsson m.fl., *Handbok för Riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [3] Trollhättans stad, "Översiktsplan 2013: Plats för framtiden," 2014.
- [4] Trollhättans Stad, *Riskhanteringsplan - Farliga ämnen och farligt gods*, 2004.
- [5] Länsstyrelserna Skåne, Stockholm och Västra Götalands län, *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, 2006.
- [6] Sjöfartsverket, *Utbyggnad av slussar i Trollhätte kanal. Sjötransporter, godsvolymer, fartygsstorlekar laster och scenarion. Mattson, A. Sweco Infrastructure AB*, 2009 .
- [7] Sjöfartsverket, *Särskilda Regler för Tillträde med Maxfartyg i Trollhätte Kanal*, 2014.
- [8] Trafikverket, "Vänersjöfart och slussar i Trollhätte kanal – byggtekniska alternativ och samhällsekonomiska effekter," 2017.
- [9] Göteborgs Stad Trafikkontoret, *Sjöfarten på Göta älv - en arkivstudie inför planerad ersättning av Göta älvbron i Göteborg*, 2009.
- [10] Trafikverket, *Trafikslagsövergripande stråkstudie Göta älv-Vänerstråket*, 2013.
- [11] SWECO Vattenkraft och dammar på uppdrag av Sjöfartsverket, *Fördjupad byggteknisk utredning Vänersjöfarten 2015-2016*, 2016.
- [12] Trafikverket, "Prognos för godstransporter 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2016," Borlänge, 2016.
- [13] Vänerhamn, *Sammanställning av olika godsslag som lossats och lastats fördelat på alla hamnar i Vänern 2013-2016*, 2016.
- [14] Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om åtgärder mot förorening från fartyg, TSFS 2010:96.
- [15] P. Lagerström, Interviewee, *Kontakt via mail*. [Intervju]. 15 Oktober 2018.
- [16] Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. BFS 2013:12 (BBRAD 3).

- [17] Försvarets forskningsanstalt (FOA), "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor," 1998.
- [18] C. Torkeli, Interviewee, *Kontakt via mail*. [Intervju]. 15 Oktober 2018.
- [19] N. Johansson och E. Steen, "Utvärdering av brandglas i fasad," Lunds Universitet, Lund, 2017.

BILAGA A – STRÅLNINGSBERÄKNINGAR

Dimensionerande riskscenario ansätts till läckage av brandfarlig vätska vilken antänder. Som ett konservativt förfarande beräknas strålning från pölbrand med bensin vilken även ansätts som dimensionerande ämne i Trollhättan stad riskhanteringsplan. Beräkningar baseras på vedertagna handberäkningsmetoder¹.

Bensin antas vara den vanligaste varan av de brandfarliga vätskorna och är betydligt mer lättantändlig än exempelvis diesel. Bensin är en blandning av mer än 500 typer av kolväten och har farlighetsnummer 33 och klassificeras som mycket brandfarligt. Dess flampunkt är -40 °C till -30 °C, varmed den enkelt kan antänds vid normala utomhustemperaturer. Den termiska tändpunkten är 400 °C. Brännbarhetsområde är 0,6 till 8 vol % 2. Dessa fysikaliska egenskaper innebär att risken för antändning av en pöl med bensin bedöms vara sannolik.

Förbränningsvärmens för bensin är 44,7 MJ/kg och massavbrinningshastighet är 0,048 kg/m²s.

Förutsättningar/antaganden som ligger till grund för beräkningarna av strålning.

- När läckage uppstår antänds detta omgående.
- Hela vätskeytan brinner samtidigt.
- Väderförhållanden är ”normala” och påverkar ej strålningen, exempelvis antas halvklart väder utan regn.

Beräkningarna utförs för tre olika utsläppsareor:

Litet utsläpp	50 m ²
Medelstort utsläpp	200 m ²
Stort utsläpp	400 m ²

Följande beräkningsgång redovisar utförd beräkning gällande litet utsläpp och därmed en pölbrand på 50 m² med ett avstånd på 17 meter till närmsta fasad.

Inledningsvis beräknas totalt avgiven effekt för pölbranden,

$$\dot{q} = \dot{m}'' * \Delta h_c * A_p, \text{ där}$$

$$\dot{q} = \text{från branden totalt avgiven effekt [MW]}$$

$$\dot{m}'' = \text{förbränningshastighet per ytenhet [kg/m}^2\text{s]}$$

¹ Andersson, B. (1992). *Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall*. Lund University, Institute of Technology. Department of Fire Safety Engineering.

² MSB. *RIB – Farliga ämnen*. (Elektronisk). Tillgänglig:
<<https://rib.msb.se/Portal/Template/Pages/Kemi/Substance.aspx?id=873&q=bensin&p=1>> (2017-05-05)

$\Delta h_c = \text{effektiv förbränningsvärme [MJ/kg]}$

$A_p = \text{pölens area [m}^2\text{]}$

Detta ger att,

$$\dot{q} = 0,048 * 44,7 * 50 = 107,28 \text{ MW}$$

Av denna effekt avges endast en del som strålning, resten som konvektiv effekt. Andelen strålning vid en pölbrand kan normalt ansättas till $X_E = 0,3$ då värdet inte är känt.

$$\dot{q}_r = X_E * \dot{q} = 0,3 * 107,28 = 32,184 \text{ MW}$$

En del av den avgivna strålningen kommer sedan att absorberas av atmosfären. Hur mycket strålning som absorberas beror på vilket avstånd som den mottagna strålningen, mot t.ex. en husvägg, beräknas då. Detta beror på att med ökande avstånd, dvs. sträcka som strålningen färdas genom luft, ökar även andelen strålning som absorberas av atmosfären. För att ta hänsyn till detta beräknas en korrektionsfaktor, τ , enligt nedan.

$$\tau = 2,02 * (p_w * X)^{-0,09}, \text{ där}$$

$\tau = \text{korrektionsfaktor för av atmosfären absorberad strålning [-]}$

$p_w = \text{ångtryck för vatten [Pa]} (1386 \text{ Pa efter reducering för relativ fuktighet})$

$X = \text{avstånd från flamytan till mottagande föremål [m]}$

Detta ger att,

$$\tau = 2,02 * (1386 * 17)^{-0,09} = 0,8163$$

Till sist beräknas synfaktorn, F_p , mellan brand och mottagande yta. I detta fall beräknas strålning mellan punkt och mottagande föremål orienterat vinkelrätt mot denna.

$$F_p = \frac{1}{4\pi X^2} = \frac{1}{4\pi 17^2} = 2,7535 * 10^{-4}$$

Därmed kan mottagen strålning för ett föremål på avståndet 17 meter från pölbranden beräknas,

$$\dot{q}_X'' = \tau * \dot{q}_r * F_p, \text{ där}$$

$\dot{q}_X'' = \text{mottagen strålning på avstånd X meter [MW/m}^2\text{]}$

Mottagen strålning blir då,

$$\dot{q}_X'' = 0,8163 * 32,184 * 2,7535 * 10^{-4} = 0,0072 \text{ MW/m}^2 = 7,2 \text{ kW/m}^2$$

Detta innebär att 17 meter från pölbrandens flammor kommer strålningen som mottas av föremål att vara ca $7,2 \text{ kW/m}^2$, vilket ej innebär risk för brandspridning.

BILAGA B – BERÄKNINGAR FLAMHÖJD

Flamhöjd från en cirkulär pölbrand beräknas med handberäkning enligt beräkningsmodell från Försvarets forskningsanstalt [17]. I beräkningarna har antagande gjorts att bensin brinner, då bensin är vanligt förekommande och är lättantändlig.

Vid en brand med en cirkulär pöl kan flammans geometri approximeras med en cylinder där flammans diameter är lika stor som pölens diameter. Flammans höjd beräknas som:

$$h_f = d \cdot 42 \cdot \left(\frac{b'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}$$

Där

h_f = flamhöjd [m]

d = diameter (pölens diameter = flammans diameter) [m]

b' = förbränningshastighet $\left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right] = 0,048 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$

ρ_a = luftens densitet $\left[\frac{kg}{m^3} \right] = 1,29 \frac{kg}{m^3}$

g = tyngdaccelerationen = $9,81 \frac{m}{s^2}$

Ovanstående formel gäller under förutsättning att $0,8 < h_f/d < 4$.